

ВІДГУК
офіційного опонента
на дисертаційну роботу Ніколаєнка Володимира Анатолійовича
«Створення мобільної землерийної машини безперервної дії за
динамічною навантаженістю»,
яка представлена на здобуття вченого ступеня кандидата
технічних наук за спеціальністю 05.05.04 – машини для земляних,
дорожніх і
лісотехнічних робіт

На рецензію подано дисертацію та автореферат.

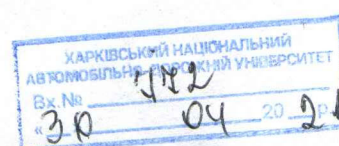
Дисертація складається зі вступу, 4 розділів досліджень, висновків, списку використаних джерел із 115 найменувань 6 додатків. Повний обсяг роботи складає 209 сторінки, в тому числі 148 сторінки основного тексту, 12 таблиць, 105 рисунків, що в цілому відповідає вимогам до дисертацій технічного профілю.

Автореферат за формою та змістом є послідовним скороченим викладом тексту дисертації, який розкриває основні положення дисертаційної роботи.

Основні положення автореферату та дисертації – ідентичні.

Актуальність теми не викликає сумнівів. Виконання значних обсягів робіт можливо лише з використанням високопродуктивних землерийних машин, насамперед, екскаваторів безперервної дії. Перспективним напрямом створення таких машин є модульний принцип. Вибір основних модулів тягач та землерийне обладнання проводиться за критеріями ваги, потужності, транспортних та робочих швидкостей, конструктивних особливостей. Суттєвий вплив на роботу землерийного обладнання і машини в цілому, міцність і довговічність їх окремих складових мають динамічні явища, які виникають під час розробки ґрунту. Тому визначення динамічних навантажень та аналіз динамічної відповідності базового тягача і землерийного обладнання є необхідним та обов'язковим критерієм для знову створюваних машин, а створення таких машин за динамічними навантаженнями в приводі є актуальним. Проведення динамічного аналізу повинно проводитись на базі сучасних методів розрахунків і розкривати природу виникнення динамічних навантажень.

Тема дисертації відповідає напряму та завданням державної цільової програми розвитку озброєння та військової техніки до 2020 року, що затверджена Указом Президента України від 22 березня 2017 року, має безпосередній зв'язок з програмами наукових досліджень Національного транспортного університету "Створення екологічно безпечної технології пошарової розробки ґрунтів та проекту спеціальної землерийної машини для її реалізації" (№ держреєстрації



0107U002324), "Проведення тензометричних випробувань машини ПЗМ-3-01" (№ держреєстрації 0117U00171).

Оцінка обґрунтованості наукових положень дисертації, їх достовірності і новизни.

Мета роботи і задачі дослідження достатньо обґрунтовані на основі аналізу літературних джерел, в тому числі закордонних, по темі дисертації.

Наукові положення дисертації обґрунтовані методологією проведення і результатами теоретичних і експериментальних досліджень.

Достовірність теоретичних досліджень, які захищаються, забезпечена тим, що вони базуються на основних положеннях теорії різання і механіки ґрунтів, процесів взаємодії робочих органів землерийних машин з робочим середовищем, основних положеннях теорії пружності та теорії коливань, а також коректному використанні математичного апарату і спеціалізованого програмного забезпечення вільного користування. У дисертації приведено співставлення даних теоретичних і експериментальних досліджень. Теоретичні висновки адекватні результатам експериментальних досліджень. Розбіжність між ними не перевищує 10 %.

Достовірність експериментальних досліджень дослідно-промислового зразка землерийної машини підтверджується методологією планування і проведення експериментів, їх повторністю і надійністю, а також сучасних засобів фіксації та обробки експериментальних даних.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в розробці та обґрунтуванні наукових передумов створення землерийних машин безперервної дії з використанням базового шасі автомобіля за параметрами динамічного навантаження, що виникають в приводі робочого обладнання:

- вперше встановлено природу формування динамічного навантаження в ланцюгово-балковому робочому органі (РО) при його взаємодії з робочим середовищем, зазначено, що зміна робочого опору на приводному валу РО є наслідком періодичної взаємодії різців робочого обладнання з ґрунтом та особливостями взаємодії тягових ланцюгів робочих органів з приводними зірочками

- вперше виявлено закономірність формування стружки ланцюгово-балковим РО, яка полягає в поступовому збільшенні товщини стружки на криволінійній ділянці траєкторії різання для одного різця та пилкоподібною зміною товщини стружки для всіх різців;

- вперше створено еквівалентну динамічну схему землерийної машини безперервної дії, що враховує особливості взаємодії

ґрунторозробного робочого обладнання в процесі копання фрунту з трансмісією автомобіля. Встановлено залежності динамічних процесів в трансмісії від зміни конструктивних та силових параметрів робочого обладнання при роботі, а також при стопорінні робочого органу;

- дістали подальшого розвитку методи кінематичного та динамічного аналізу важільних механізмів, які використовуються в машини для земляних, дорожніх і лісотехнічних робіт.

Важливість дисертації для науки полягає в тому, що в ній вперше за параметрами динамічного навантаження обґрунтовано підхід до створення землерийних машини безперервної дії на базі автомобільного базового шасі.

Рекомендації щодо практичного використання результатів. Результати виконаних досліджень можуть бути використані машинобудівними підприємствами і науково-дослідницькими організаціями при розрахунках елементів приводів та конструкції автомобільних базових шасі, обладнаних ґрунторозробним робочим органом безперервної дії, а також в навчальному процесі при підготовці та впровадженні курсу «Динаміка механічних систем» для студентів, що навчаються за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування.

У вступі представлено актуальність теми; зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами; сформована мета та поставлені задачі дослідження. Також встановлено об'єкт, предмет та методи дослідження. Чітко сформовані: наукова новизна, практична цінність одержаних результатів та особистий внесок здобувача. Наведено: апробація результатів дисертації, публікації, структура і обсяг дисертаційної роботи.

У першому розділі проаналізовано шляхи та передумови створення екскаваторів безперервної дії повздовжнього копання. Виконано аналіз відомих конструкцій траншейних екскаваторів вітчизняного та зарубіжного виробництва, їх технологічних можливостей та галузей використання; навантажень робочих органів та приводів таких машин.

Мобільний екскаватор безперервної дії повздовжнього копання слід розглядати, як варіант поєднання за енергетичними, кінематичними та конструктивними параметрами автомобільного базового шасі та робочого обладнання: ланцюгово-балкового робочого органу з лопатевим металником. Автомобільне шасі забезпечує високу транспортну швидкість, а ґрунторозробне обладнання ефективність та продуктивність розробки ґрунту.

Надійність та довговічність такої машини визначатиметься величиною та обмеженням динамічних навантажень машини, що виникають в процесі її роботи.

У другому розділі проведено дослідження зовнішніх навантажень машини. Створено математичні моделі з визначенням сил опору ланцюгового РО та рушійних сил двигуна. РО та двигун представлені еквівалентними динамічними моделями - ланками зведення. Параметри моделей: зведений момент сил $M_{зв}$ та інерції $J_{зв}$, момент від сил інерції M_i в перманентному русі визначаються за розробленим методом кінематичного аналізу – координат планів.

Сили опору робочого середовища приймаються пропорційним товщині стружки, яка в межах кроку розташування балок (різців) РО змінна. В момент входу різця в забій товщина стружки дорівнює нулю. На криволінійній ділянці траєкторії руху РО товщина стружки збільшується і на виході з неї досягає стійкого максимуму. Профіль зрізу одиночним різцем має форму трапеції, а сумарне значення товщини стружки і відповідно сили різання та зведеного моменту сил опору змінюється за пилкоподібним законом. Коефіцієнт динамічного навантаження на приводному валу РО дорівнює 1,2.

Вплив масових та кінематичних параметрів робочого органу на динамічні навантаження визначається моментом від сил інерції в перманентному русі за постійної кутової швидкості приводного валу РО. Збільшення швидкості та наявна значна маса ланцюгів РО може призвести до збільшення амплітуд моменту від сил інерції і, як наслідок, до зростання коефіцієнту динамічності. Критичними є швидкості ланцюга 2,5–3 м/с з коефіцієнтом динамічності $k_d = 1,5–1,7$

Гармонічний аналіз зовнішнього навантаження машини визначає діапазон власних частот системи, за яких можливий резонанс. Для моментів рушійних сил він складає 10 – 200 Гц, для моментів сил опору 3,2–40 Гц. Окрім цього частоти визначають межі побудови динамічної моделі мобільної землерийної машини.

У третьому розділі створено динамічну модель мобільної землерийної машини безперервної дії, проведено аналіз крутильних коливань та вказано рекомендації по усуненню резонансних коливань.

Динамічна схема машини представлена пов'язаним набором дискретних інерційних та пружних елементів. Загальна кількість елементів динамічної схеми обмежена частотним діапазоном зовнішніх сил і для робочого обладнання складається з 7-ми, а для землерийної машини – з 16-ти інерційних елементів. При створенні і аналізі динамічної моделі використано програмний комплекс OpenModelica. За допомогою компонент OpenModelica синтезовано динамічні моделі, які в режимі симуляції відтворюють рух елементів

механічної системи. Використання компонент дозволяє змінювати в процесі симуляції параметри та структуру динамічної моделі. Симуляція власних коливань компонентної моделі встановлює власні частоти крутильних коливань землерийної машини, нижча з яких для I-ої передачі 9,4 Гц та 8,5 Гц для II-ої передачі приводу РО. Форма коливань першої частоти має вузол між масами коробки передач, що може призвести до втомного руйнування валів, з'єднань або зачеплень деталей коробки передач базового тягача.

За симуляцією усталеного режиму роботи машини встановлено коефіцієнт динамічності на нерезонансному режимі роботи $k_d=1,2$, на резонансному режимі роботи – $k_d=1,4$.

Критичні оберти двигуна, за яких можливе виникнення резонансу:

- на 1-й передачі робочого обладнання та 7-й передачі КПП автомобіля 1650 хв⁻¹;
- на 2-й передачі робочого обладнання та 8-й передачі КПП автомобіля 1450 хв⁻¹.

Рекомендується уникати роботи машини на критичних обертах двигуна та проводити розробку ґрунту на другій передачі привода ґрунторозробного робочого обладнання.

Результати дослідження по зміні моментів інерції мас та жорсткостей зв'язку свідчать про те, що вплив на першу власну частоту системи мають масові параметри двигуна і розвантажувального пристрою машини та пружні параметри демпферу двигуна і карданних передач базового шасі. Зміна цих параметрів машини призводить до зміни першої власної частоти на 5-20%. Рекомендується змінити момент інерції двигуна та розвантажувального пристрою та зменшити жорсткість системи, наприклад, введенням пружних еластичних муфт.

Висока жорсткість механічної системи призводить до частого спрацьовування запобіжних муфт граничного моменту навіть при номінальних режимах роботи у випадку короткочасного збільшення навантажень. Рекомендується замінити запобіжні муфти зі зрізними штифтами на фрикційні муфти з важільним керуючим пристроєм.

У четвертому розділі викладено програму, методику та засоби експериментальних досліджень.

В програму експериментальних досліджень увійшли методика планування та проведення польових тензометричних досліджень промислово-дослідного зразка для визначення реальної картини навантаження машини у процесі спорудження траншей (котлованів) зі зміною режимів роботи машини і перевірки адекватності математичної моделі.

Методика експериментальних досліджень передбачала підготовчі роботи, проведення експерименту, обробку експериментальних даних та перевірку адекватності методами математичної статистики.

Як функції відгуку приймалися: крутний момент валу привода та тиск в гідросистемі робочого обладнання. Як змінні, що визначають навантаження машини прийнято: швидкість переміщення машини та частота обертання валу привода робочого обладнання; міцність ґрунту за ударником ДорНДІ; глибина траншеї.

Гармонічний аналіз осцилограм крутного моменту дозволяє виділити сильні гармоніки моменту з частотою близькою 9 Гц, які з'являються на всіх режимах роботи машини за різних швидкостей обертання приводного валу. При роботі на першій передачі ця гармоніка підсилюється за частоти обертання валу двигуна 1450 та 1650 хв⁻¹, при цьому коефіцієнт динамічності збільшується до 1,5.

Економічний ефект від впровадження нової машини складає 231000 грн./рік на одну машину за рахунок зменшення собівартості розробки ґрунту та збільшення річної експлуатаційної продуктивності.

Зауваження по роботі:

1. Перелік скорочень варто розширити скороченнями з основного матеріалу теоретичних досліджень.
2. Відсутнє порівняння динамічних навантажень машини в транспортному режимі роботи та режимі відкопування копання ґрунту
3. Не розглянуто варіанти машин з іншим варіантом приводу наприклад гідроприводом.
4. Не вказано які значення коефіцієнту динамічності для приводу машини є допустимими.

Висновки

1. Дисертаційна робота Ніколаєнка Володимира Анатолійовича «Створення мобільної землерийної машини безперервної дії за динамічною навантаженістю» є закінченим науковим дослідженням актуальної прикладної задачі.

2. Вказані зауваження стосуються окремих незначних недоліків дисертації та в цілому не знижують її наукової та практичної цінності.

3. Робота має наукову новизну та практичну цінність, за обсягом і змістом відповідає вимогам п.п. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», що пред'являються до кандидатських дисертаційних робіт.

4. Здобувач Ніколаско Володимир Анатолійович заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.04 – машини для земляних, дорожніх і лісотехнічних робіт.

Офіційний опонент
доктор технічних наук, професор,
завідуючий кафедрою «Будівельних
та дорожніх машин»
Державного вищого навчального
закладу «Придніпровська державна
академія будівництва та
архітектури»



Л.А. ХМАРА

19 квітня 2021 року

Підпис Хмари Л.А. ЗАСВІДЧУЮ:
Вчений секретар ДВНЗ ПДАБА



А.М. ГАЙДАР